



TITLE:

# IUGONETサイエンスタスクチーム の活動報告と地磁気日変化の振幅 に見られる超高層大気の長期変動

AUTHOR(S):

新堀, 淳樹; 小山, 幸伸; 林, 寛生; 能勢, 正仁; 大塚, 雄  
一; 堀, 智昭

---

CITATION:

新堀, 淳樹 ...[et al]. IUGONETサイエンスタスクチームの活動報告と地  
磁気日変化の振幅に見られる超高層大気の長期変動. 2011

ISSUE DATE:

2011-08-04

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/145966>

RIGHT:

# IUGONET

Metadata DB for Upper Atmosphere

メタ情報のデータベースを利用した  
分野横断型地球科学研究の進展  
2011/08/03-04

超高層大気長期変動の全球地上ネットワーク観測・研究  
Inter-university Upper atmosphere Global Observation NETwork

## IUGONETサイエンスタスクチームの活動報告と地磁気 日変化の振幅に見られる超高層大気の長期変動

- IUGONETサイエンスタスクチームの活動報告
- 各機関との共同研究の紹介
- 地磁気日変化の振幅に見られる超高層大気の長期変動

新堀 淳樹<sup>1</sup>・小山 幸伸<sup>2</sup>・林 寛生<sup>1</sup>・能勢 正仁<sup>2</sup>・大塚雄一<sup>3</sup>・堀智昭<sup>3</sup>・

IUGONET プロジェクトチーム

<sup>1</sup>京都大学生存圏研究所

<sup>2</sup>京都大学地磁気センター

<sup>3</sup>名古屋大学太陽地球環境研究所



# 1. IUGONETサイエンスタスクチームの活動報告

## 1.1 各機関との共同研究の申請

○メタデータ・データベース検索システム、解析ソフト(UDAS)の整備によって、各参加機関の観測データの情報やデータそのものの取得が容易になり、それらのデータの統合解析ができるようになった

※開発者のほとんどは研究者

→分野の異なる各研究機関と共同研究の推進が可能

1. 地磁気静穏日変化の振幅変動をプロキシとした超高層大気の長期変動  
(能勢・新堀・小山・堀・林・大塚)
2. 磁気嵐におけるグローバルな地磁気変動と電離圏擾乱ダイナモとの関係  
(林・新堀・田中・富川・堤)
3. 赤道ジェット電流の強度変動と熱圏・中間圏における大気擾乱との関係  
(阿部・新堀・林・池田・湯元)
4. 太陽画像データ解析に基づく、超高層大気への太陽紫外線の影響(浅井・磯部・上野・塩田・羽田・草野・徳丸・藤木・横山・新堀・林)



# 1. IUGONETサイエンスタスクチームの活動報告

## 1.2 学会での発表や論文執筆状況

### 1. 学会での発表状況

○JPGU:1件、生存圏ミッションシンポジウム:1件、IUGG:1件

○SGEPSS:4件投稿済み

※7月20日にサイエンスタスクチームの全体会議を開き、各自の研究の進歩状況や学会で投稿する内容についての確認を行った。

→学会では、**宇宙天気・宇宙気候のセッションに投稿**することで合意

### 2. 論文執筆状況

1. Shinbori, A., Y. Tsuji, T. Kikuchi, T. Araki, A. Ikeda, T. Uozumi, S. I. Solovyev, B. M. Shevtsov, S. Watari, T. Nagatsuma, K. Yumoto, and the IUGONET project team, Magnetic local time and latitude dependence of amplitude of the main impulse (MI) of geomagnetic sudden commencements and its seasonal variation, 2011 (9割完成)
2. 堀、新堀ら、negative SI時のサブオーロラ帯の電離圏フローの特徴 (作成中)

## 2. 各機関との共同研究の紹介

### ＜磁気嵐におけるグローバルな地磁気変動と電離圏擾乱ダイナモとの関係＞

(林・新堀・田中・富川・堤)

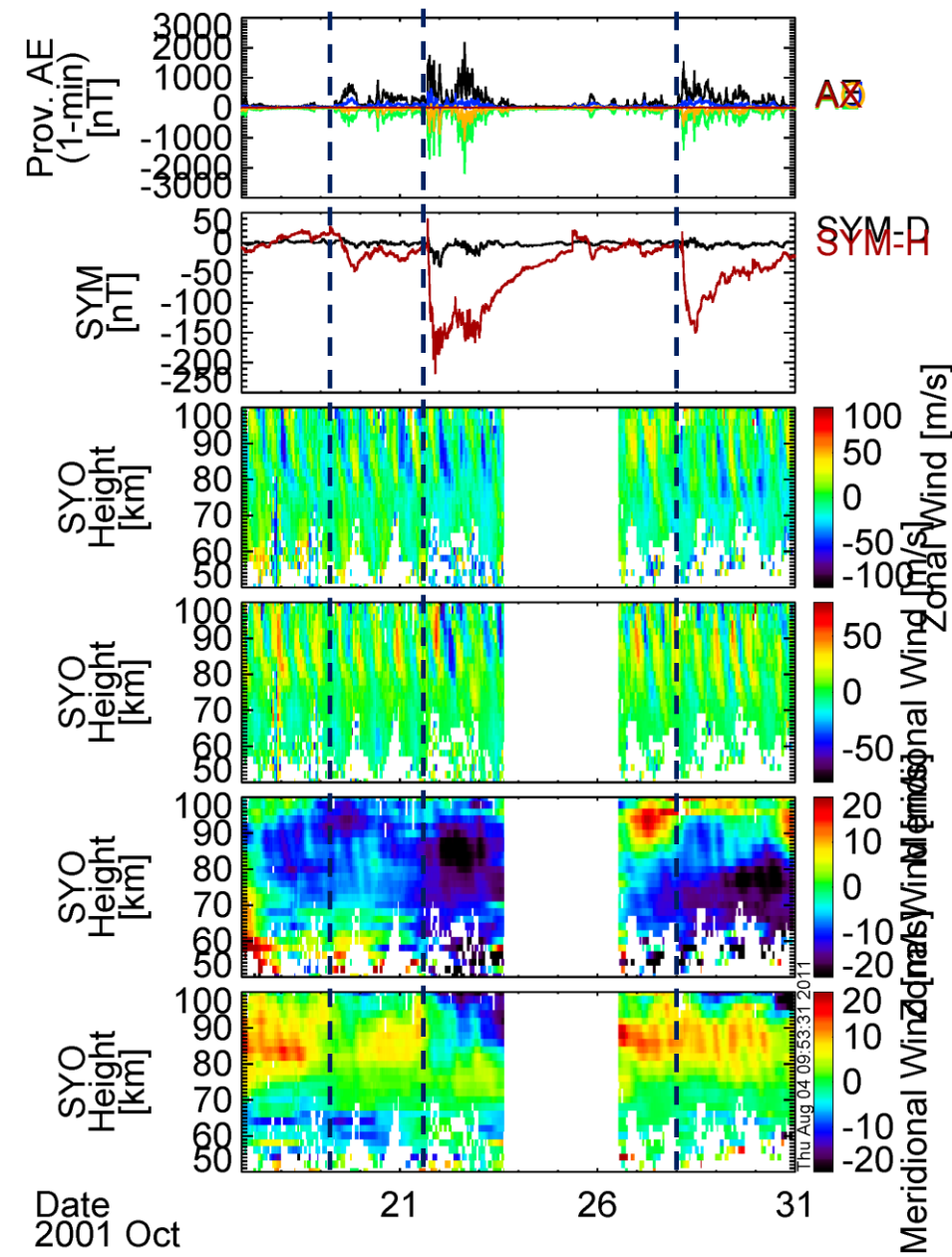
#### [研究目的]

磁気嵐時に生み出された電磁エネルギーが極域の熱圏大気へ流入して発生する電離圏擾乱がどのような時間スケールで発達し、赤道域へ伝搬していくかについて明らかにする

#### 下から2つのパネル

1日の移動平均をかけた昭和基地上空の東西風と南北風の変動

各磁気嵐の発生に伴って、特に南北風に変化が見られる

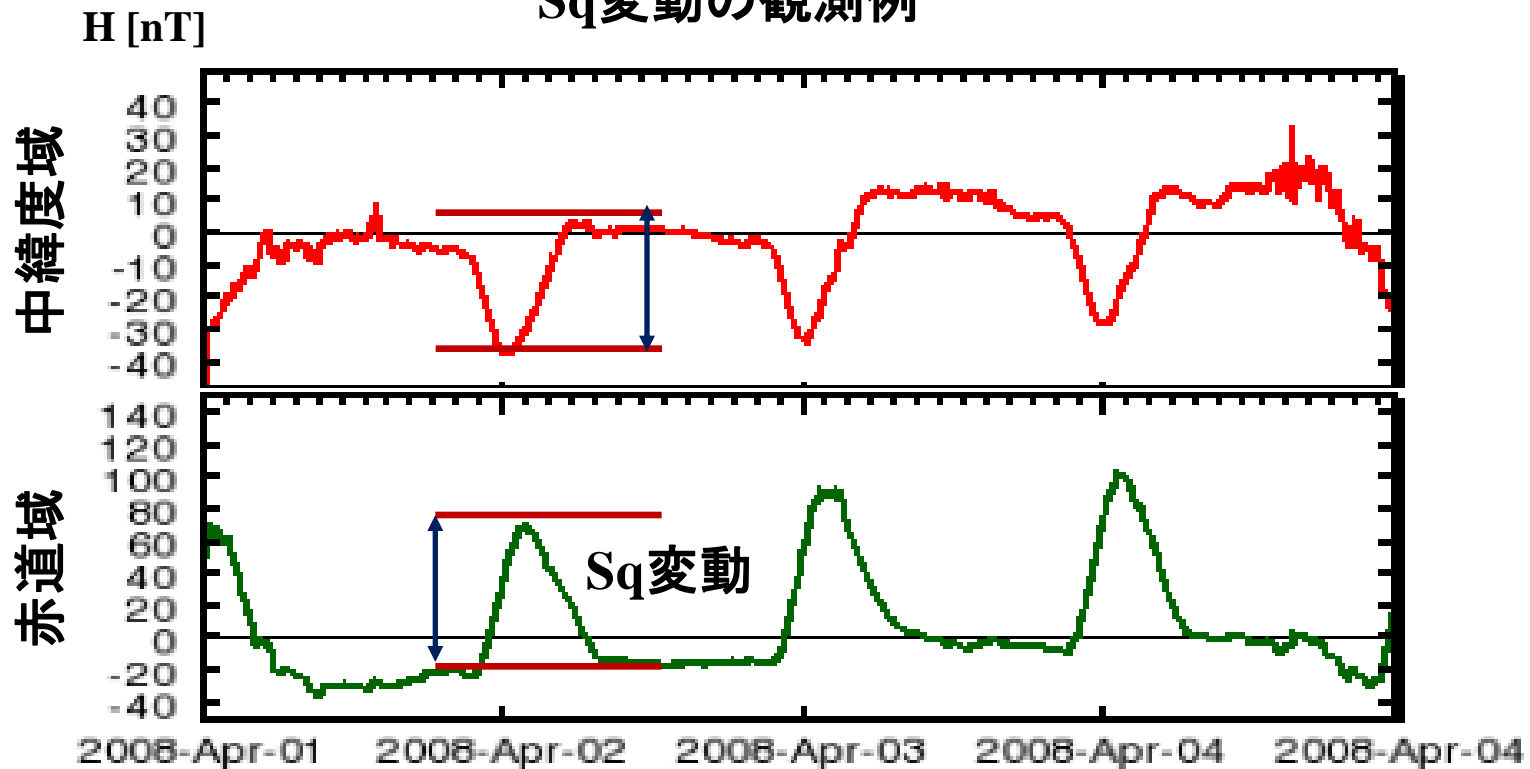




### 3. 具体的なサイエンスの報告

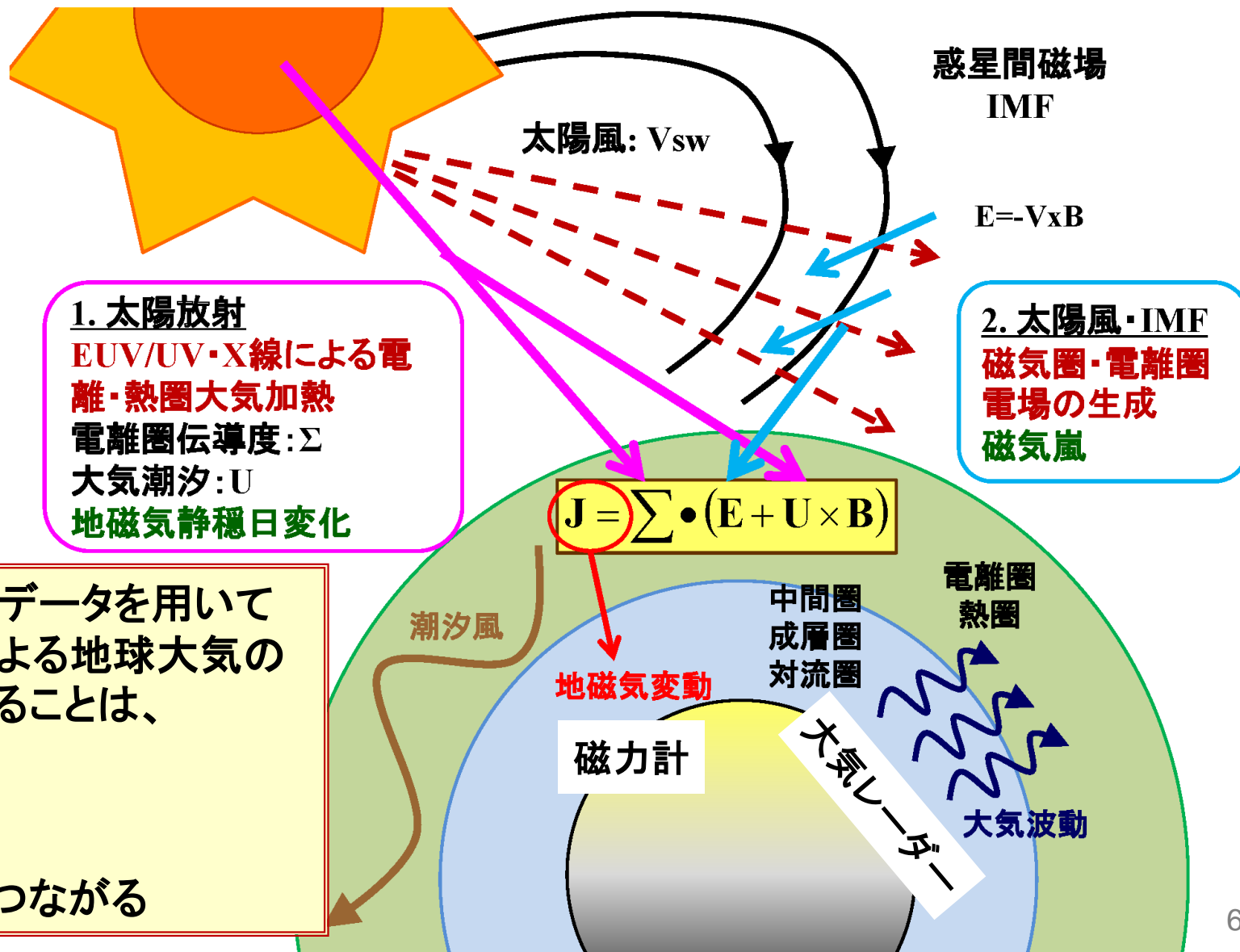
## 地磁気日変化の振幅に見られる超高層大気の 長期変動について

#### Sq変動の観測例



## 3-1. はじめに

### 3.1.1 太陽活動と超高層大気変動との関わり



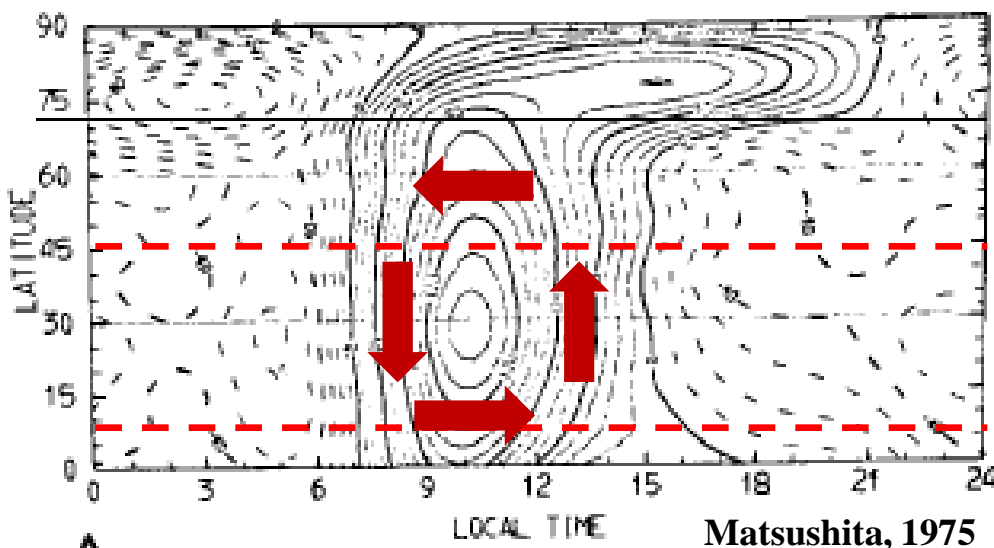
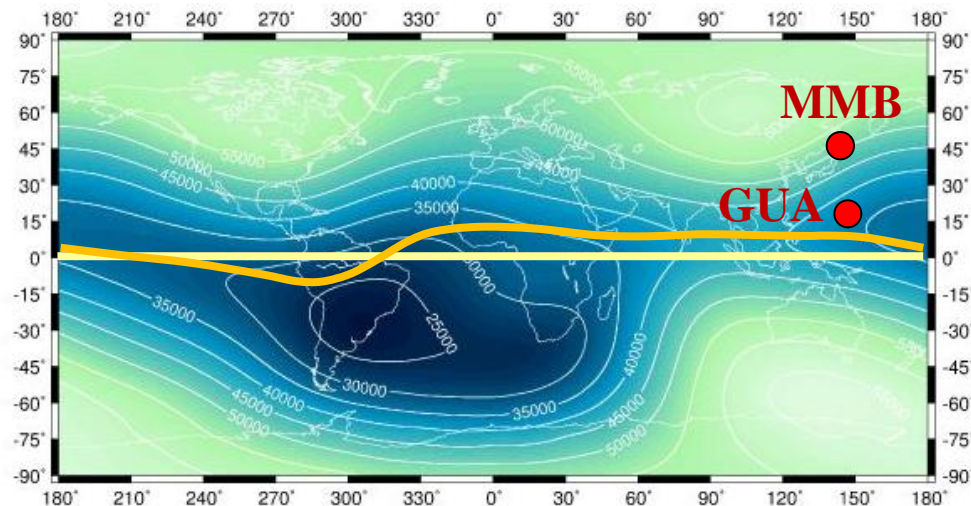
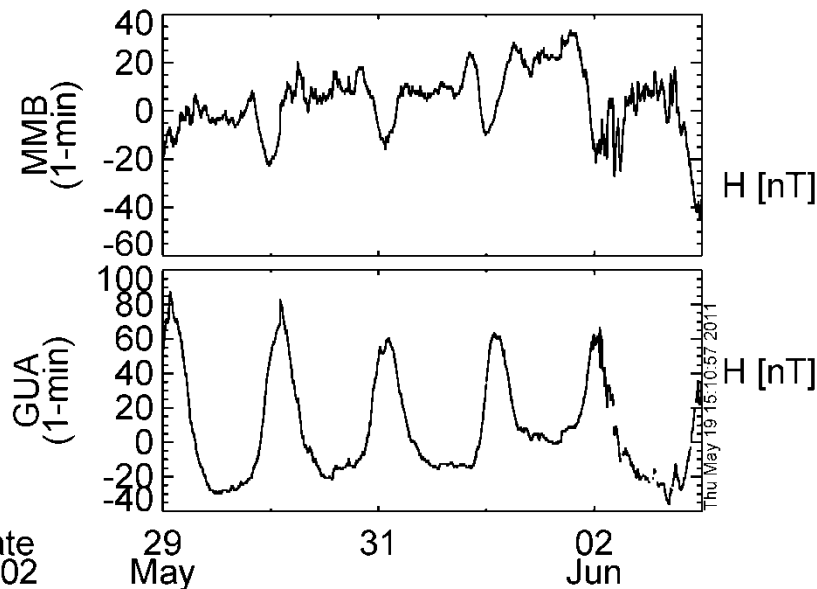
長期の観測データを用いて  
太陽活動による地球大気の  
応答を調べることは、

- 気候変動
  - 惑星大気
- の理解へとつながる



## 3-1. はじめに

### 3.1.2 地磁気日変化



擾乱の少ない磁氣的静穏時の地  
磁気の日変化は、**Sq**  
(Geomagnetic Solar daily Quiet  
variation)と呼ばれ、電離圏高度  
の中性風によって駆動される電  
離圏電流がその要因である



## 3-1. はじめに

### 3.1.3 地磁気静穏日変動の振幅を決めるもの

#### ○地磁気日変動(Sq)の振幅

アンペールの法則から電離圏電流の大きさに比例する

オームの法則から電離圏電流の大きさは、電離圏電気伝導度の大きさと起電力に比例する

$$\mathbf{J} = \Sigma \cdot (\mathbf{E} + \mathbf{U} \times \mathbf{B})$$

#### ○電離圏伝導度( $\Sigma$ )の変化

太陽活動依存性＝太陽放射(UV/EUV)の11年周期性

季節依存性＝地球の自転軸の傾きの効果

地磁気永年変化＝磁場減少による伝導度の増加

#### ○起電力( $\mathbf{U} \times \mathbf{B}$ )の変化

太陽潮汐風の変化



## 3-1. はじめに

### 3.1.4 これまでの地磁気日変化の長期トレンドの研究

	観測 点数	太陽デ ータ	Sq場の 経年変動	主磁場の永年 変化の影響	特記事項
Sellek [1980]	3点	太陽黒 点数	あり 増加傾向	あり	親論文
Schlapp et al., [1990]	11点	太陽黒 点数	あり 増加傾向	あり	Hermanusでは、モ デル予測値よりも 経年変動が1桁ほど 小さい
Macmilla n and Droujinin a [2007]	14点	F10.7	あり 観測点に 依存	議論はしてい るが、明示し ていない	Sq場の年変動は、 太陽放射のプロキ シとして使える
Elias et al. [2010]	3点	太陽黒 点数	あり 増加傾向	あり	地球温暖化による 電離圏変動がSq場 の変動に存在する 可能性を示唆



## 3-1. はじめに

### 3.1.5 これまでの問題点と目的

#### [問題点]

#### ○使用している地磁気観測点の長期解析の不足

⇒多数の観測点ではどうか、グローバルな観点からどうみえるか？

#### ○分野間の観測データを用いた統合解析の不足

⇒分野横断的な観測データの統合解析(地磁気＋MLT領域の風)

#### ○解析手法やそれに至る仮定の問題

#### [目的]

IUGONETプロジェクトから提供される長期の地磁気と熱圏・中間圏の風速データを用いて、**全球的なSq場の振幅の長期変動の要因**を明らかにする

#### (1) 多点の地磁気観測点や熱圏風速の長期データ解析

IUGONETで開発したメタデータ検索と解析ソフトを基に研究推進の効率化の図った

#### (2) 解析手法の改良

地磁気静穏日の閾値の具体化

太陽活動依存性の指としてF10.7フラックスを利用

## 3-2. 解析手法

### 3.2.1 使用観測データ

地磁気データ(1時間値、1900年以降のデータ): 京大WDC

地磁気指数(Kp指数、1932年-2010年): 京大WDC

太陽F10.7フラックス(1947年-2010年): NGDC/NOAA

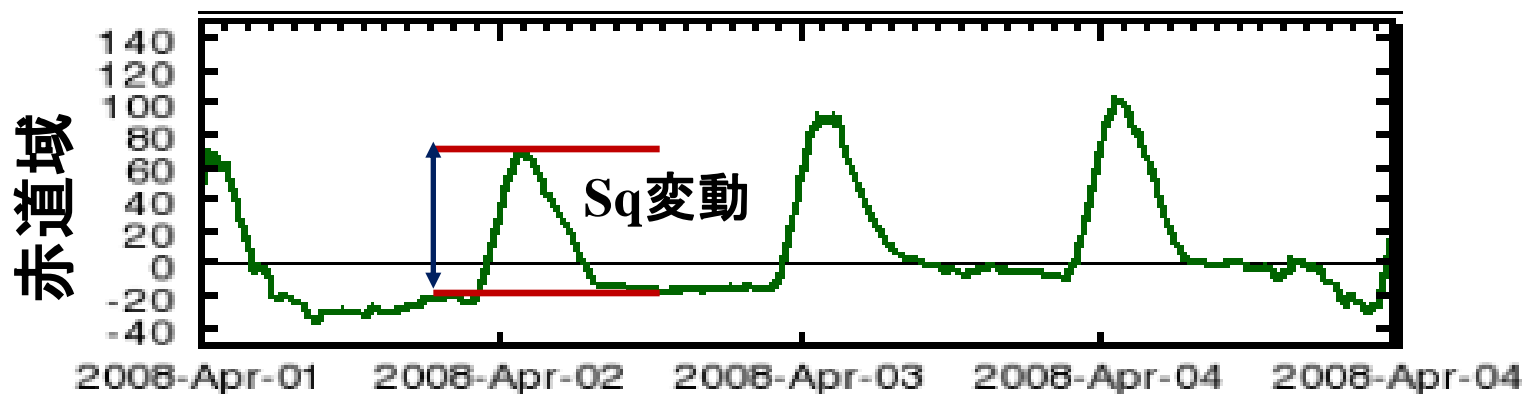
熱圏下部中性風(1日平均値): 京大RISH

### 3.2.2 地磁気静穏日とSq振幅の同定方法

○地磁気静穏日: **Kp指数の1日の最大値が4未満**

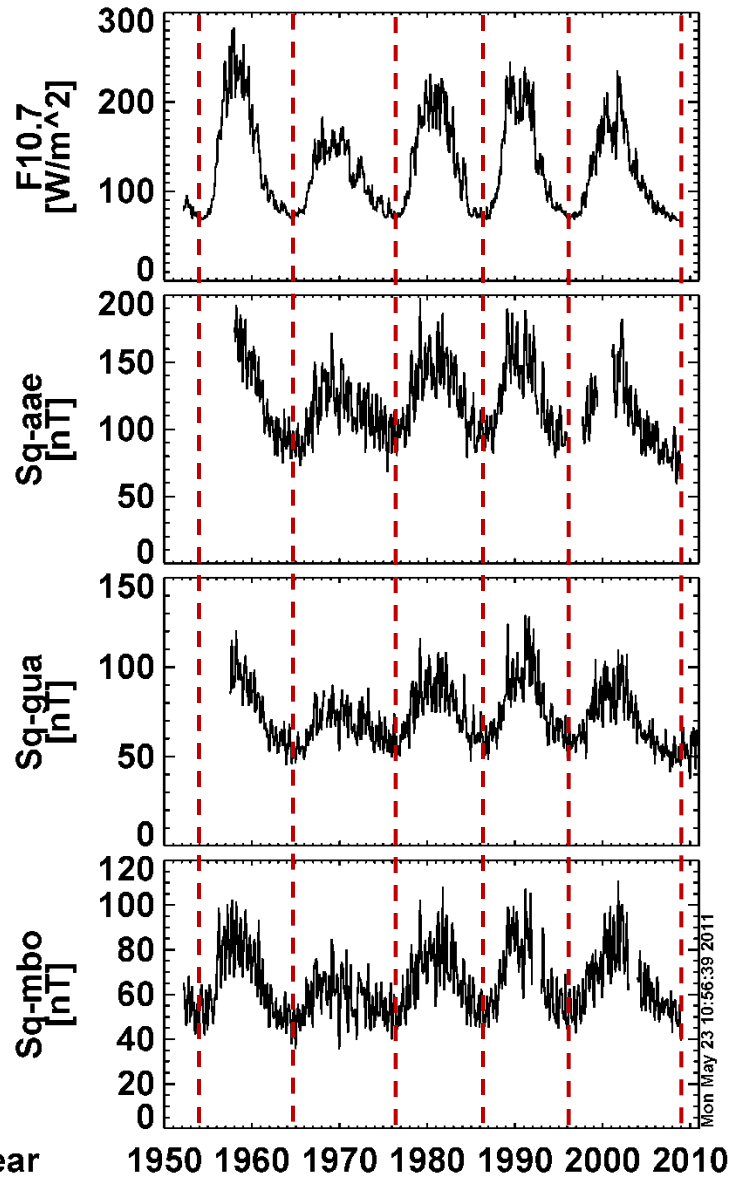
○Sq振幅: 1日の変化の最大と最小の差を**1月平均値**

○太陽活動依存性の除去: **2次回帰曲線からのずれを計算**



## 3-3. 解析結果

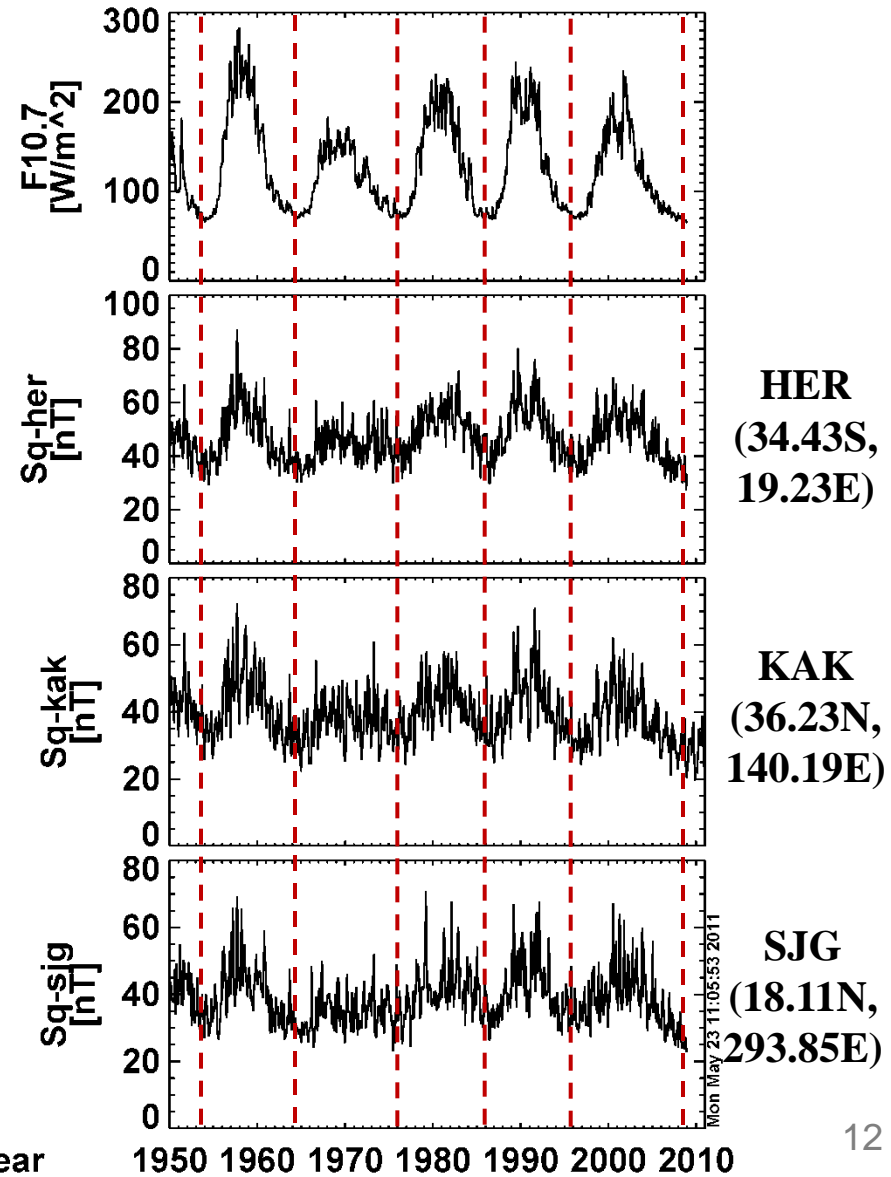
### 3.3.1 Sq場の振幅の太陽活動依存性(赤道域、低緯度)



**AAE**  
(9.03N,  
38.76E)

**GUA**  
(13.59N,  
144.87E)

**MBO**  
(14.38N,  
343.03E)



**HER**  
(34.43S,  
19.23E)

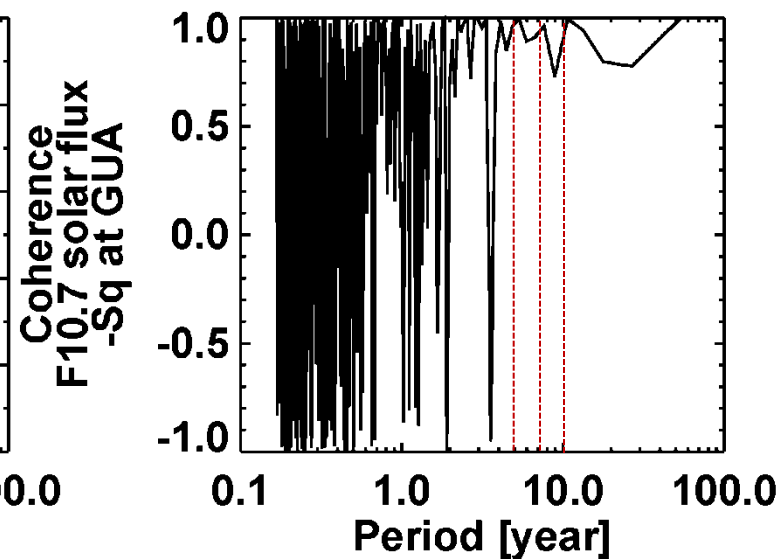
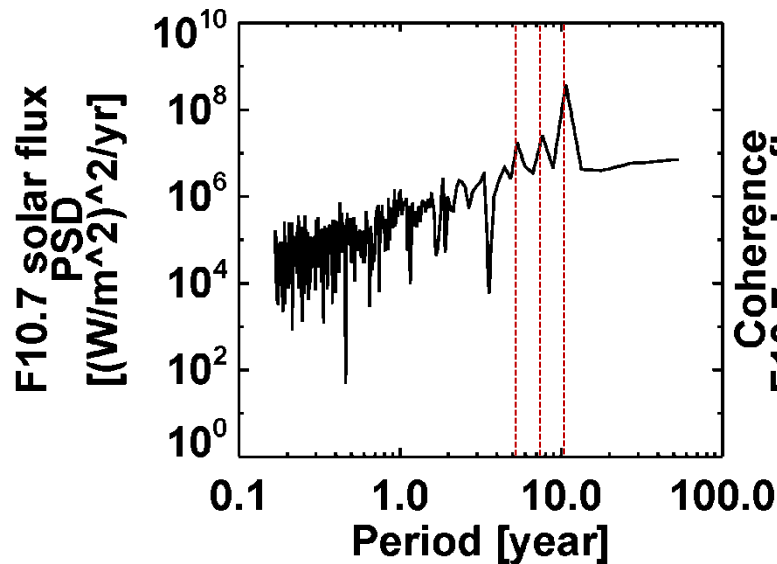
**KAK**  
(36.23N,  
140.19E)

**SJG**  
(18.11N,  
293.85E)

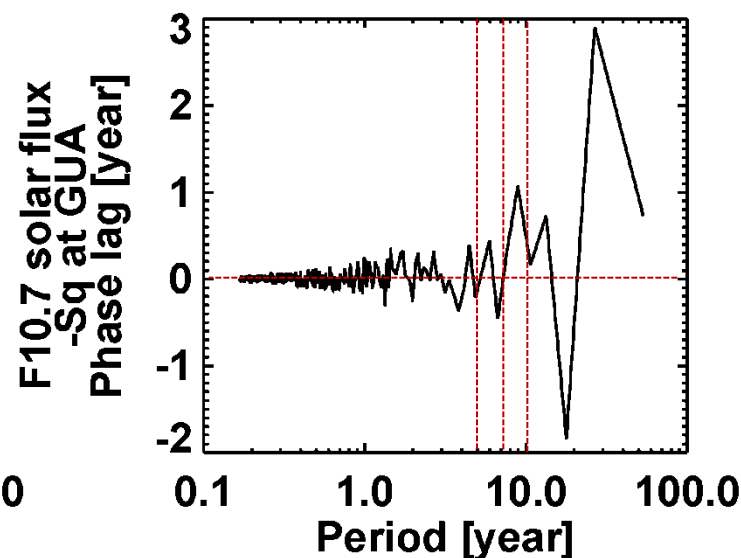
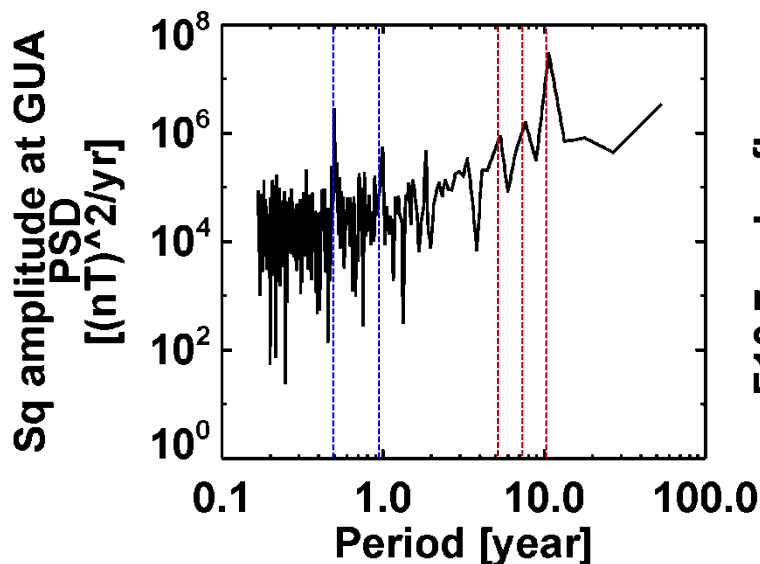
## 3-3. 解析結果

### 3.3.2 F10.7とSq場(赤道域)の周波数解析とコヒーレンス

**F10.7**  
(1-month  
mean)



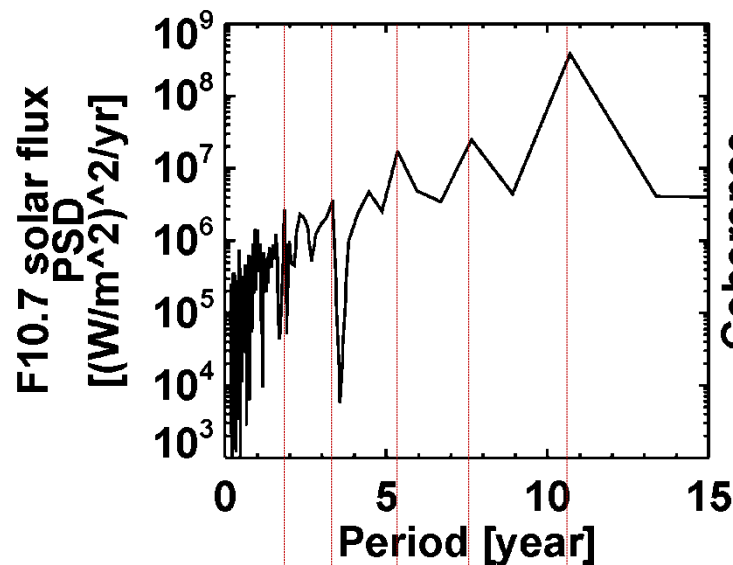
**GUA**  
(13.59N,  
144.87E)



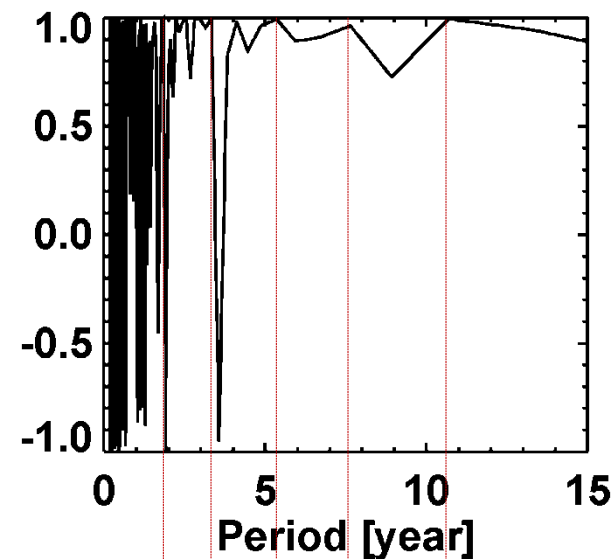
## 3-3. 解析結果

### 3.3.2 F10.7とSq場(赤道域)の周波数解析とコヒーレンス

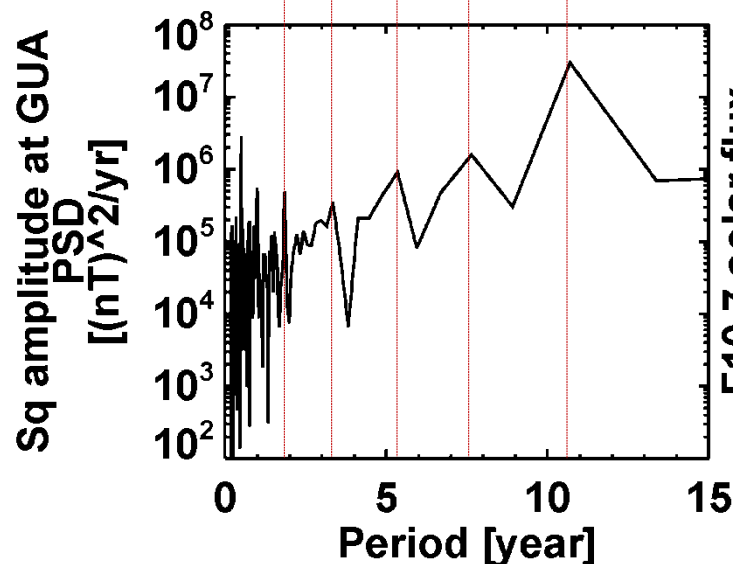
**F10.7**  
(1-month  
mean)



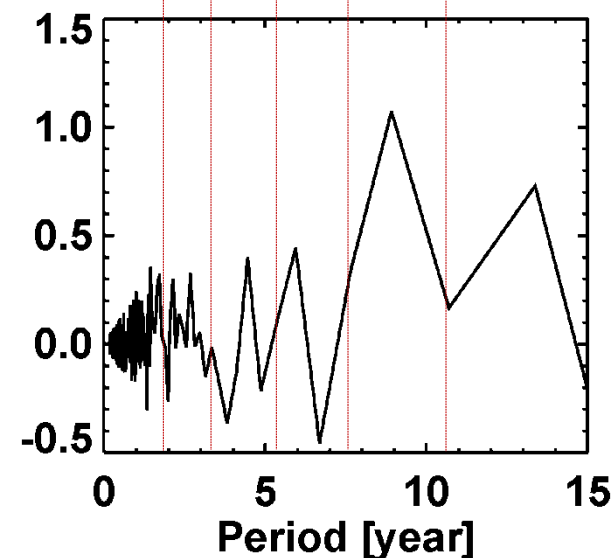
Coherence  
F10.7 solar flux  
-Sq at GUA



**GUA**  
(13.59N,  
144.87E)



F10.7 solar flux  
-Sq at GUA  
Phase lag [year]





## 3-3. 解析結果

### 3.3.2 F10.7とSq場(赤道域)の周波数解析のまとめ

○パワースペクトルのピーク周波数(年)

F10.7 10.5 7.5 5.2 3.3 1.8

Sq 10.5 7.5 5.2 3.3 1.8 **1.0** **0.5**

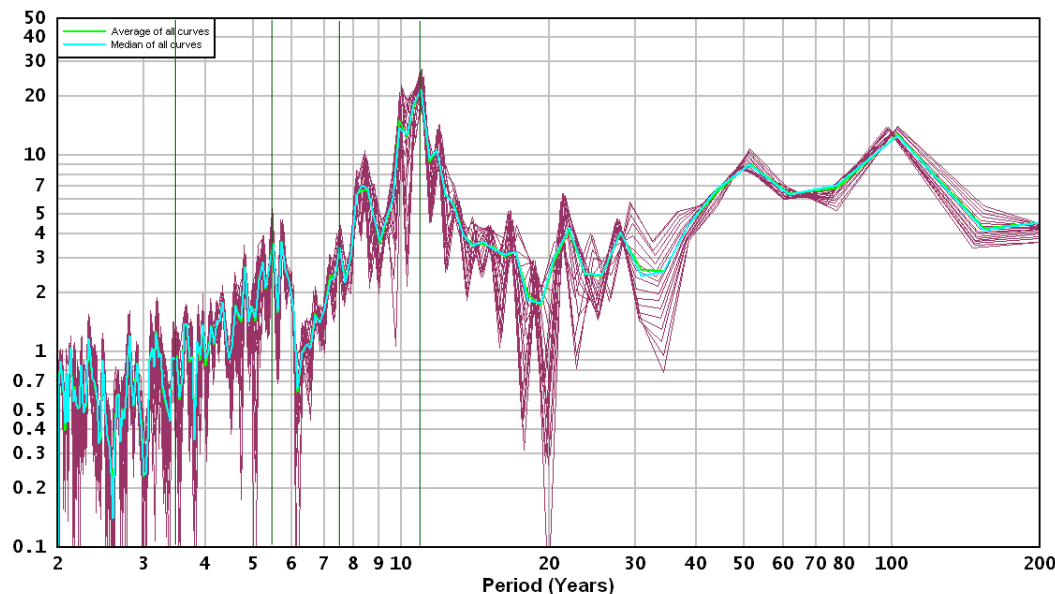
○各ピーク周波数におけるコヒーレンス

0.99 0.95 0.99 0.99 0.82

→コヒーレンスの値から、これらの周波数におけるスペクトルピークは、お互いに相関が高いことがわかる。

今後は、各周波数の意味について考える予定

FFT Power Spectrum SSN 1700-2008



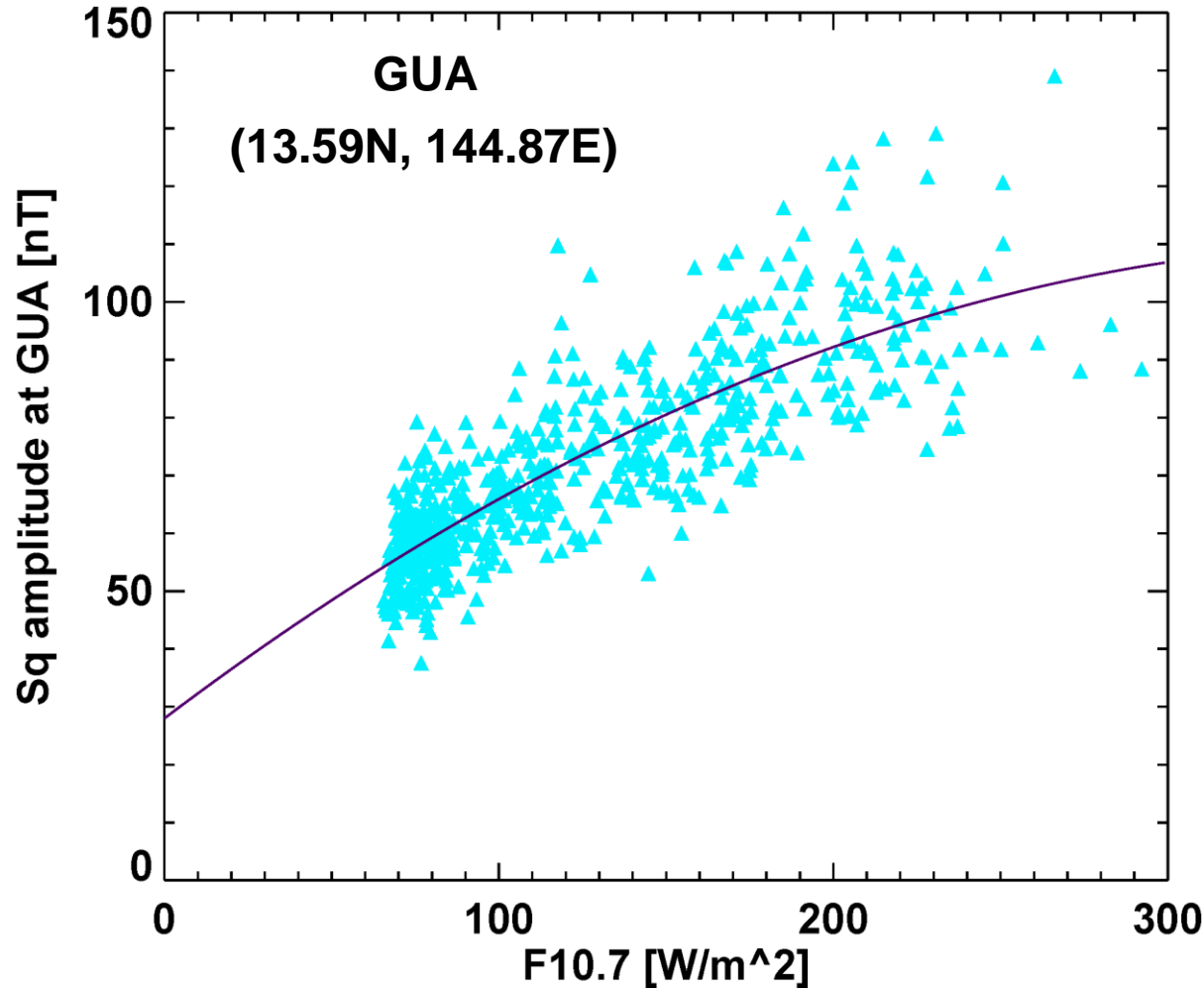
太陽黒点数のFFTスペクトル  
(1700－2008)

5.2年、10.5年周期のスペクトルは、黒点にもみられる

<http://www.leif.org/research/FFT-Power-Spectrum-SSN-1700-2008.png>

## 3-3. 解析結果

### 3.3.3 Sq場の振幅と太陽F10.7フラックスとの対応関係



Sq場の振幅とF10.7  
フラックスのデータ  
1月平均

Sq場の振幅とF10.7フラ  
ックスとの間の関係は、  
**線型関係になく、上に凸  
型をした2次曲線の関係  
にある**

→高いF10.7フラックス値  
は、Sq場の振幅に対する  
応答が鈍くなる??

回帰曲線( $y=ax^2+bx+c$ )の各係数の値と相関係数:

$a=-0.000523571$ ,  $b=0.422063$ ,  $c=28.8719$ ,  $cc=0.831566$

## 3-3. 解析結果

### 3.3.4 Sq場の振幅と太陽F10.7フラックスとの対応関係の意味

F10.7(日平均)=66~303で変動  
(黒点数とリニアな関係)

Balan et al., 1993

Table 1. IEC stations and subionospheric coordinates

Station	Satellite	Subionospheric coordinates		
		Geographic latitude ( N )	Geographic longitude ( E )	Geomagnetic latitude ( N )
Hawaii	GOES-3	19	206	19.6
Ramey	GOES-2	17	289	28.7
Patrick	GOES-2	26	276	37.2
Sagamore Hill	GOES-2	38	283	50.0
Goose Bay	GOES-2	47	286	58.6

電離圏電子数:

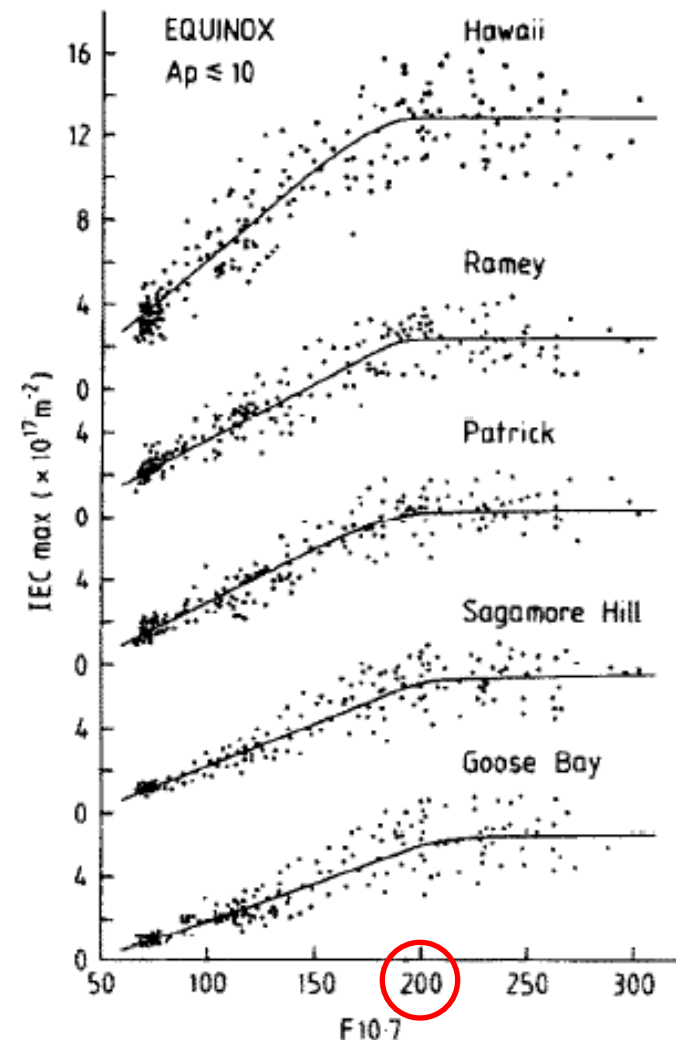
F10.7=200くらいまでリニアに増加  
200以上では飽和状態

太陽活動が活発な時期では、F10.7はEUV変動を反映しない??

(F10.7⇔EUV Nonlinear relationship)

1981-1985

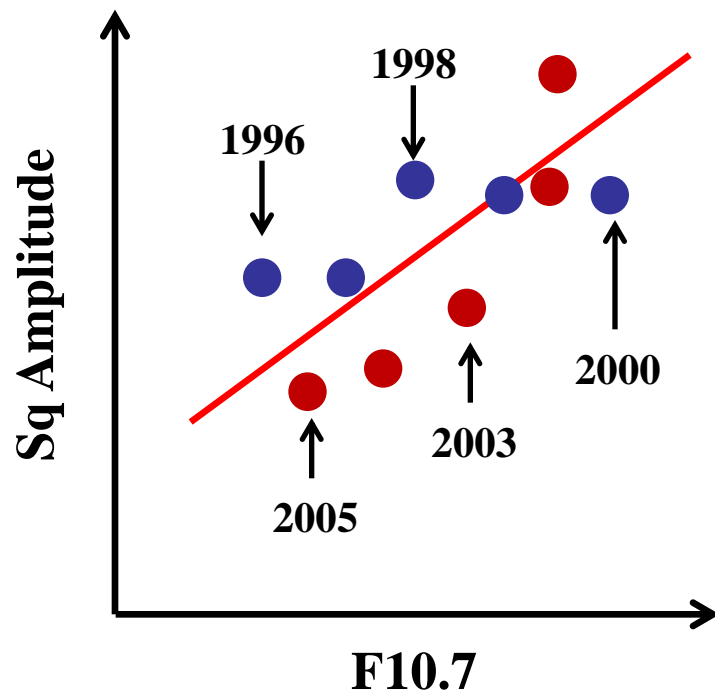
(Mar., Apr., Sep., Oct.)



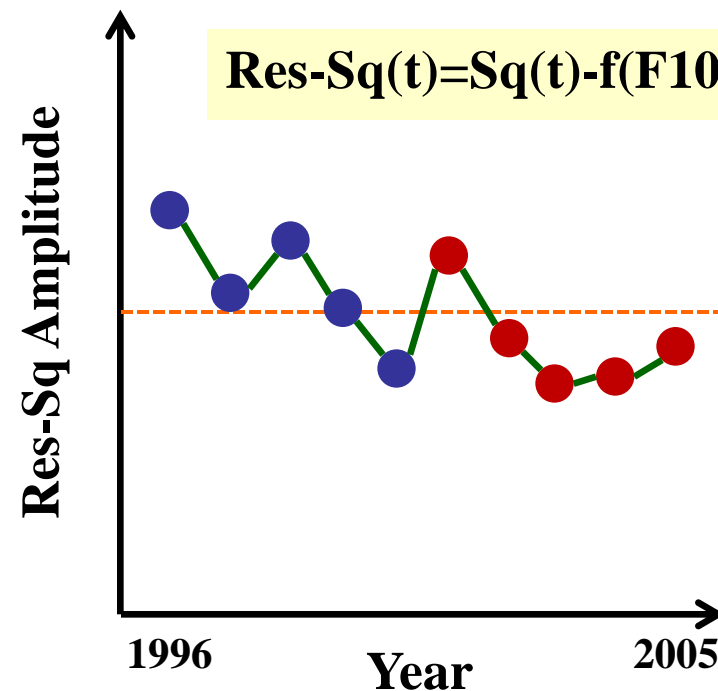
## 3-3. 解析結果

### 3.3.4 Sq場の振幅から太陽活動依存性の除去

F10.7とSq振幅の相関図



回帰曲線からのずれの時系列プロット



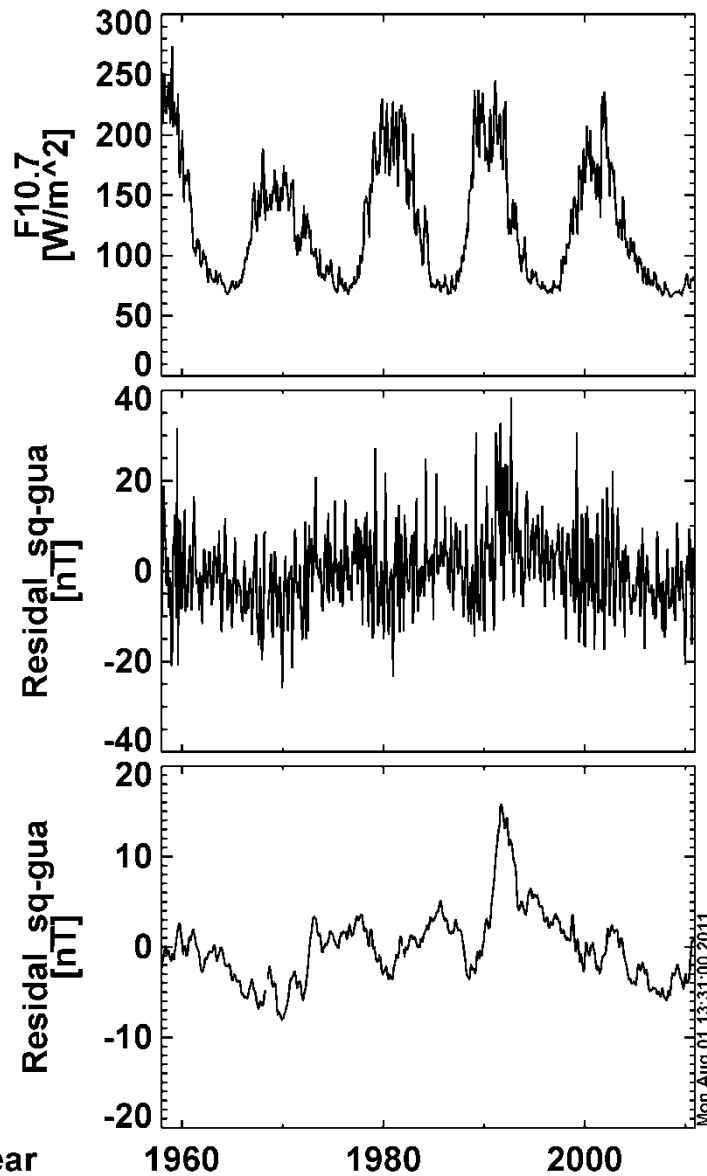
太陽活動に依存する成分を除去

Sq振幅に依存する残り成分

= 地磁気永年変化 + 地球大気密度の変化 + 熱圏の中性風の変化

## 3-3. 解析結果

### 3.3.5 太陽活動成分を差し引いたSq場の長期変動(赤道域)



上段:F10.7フラックスの1月平均値

中段:1月平均値の太陽活動成分を抜き去ったSq場の振幅

下段:上記のデータに対して1年の移動平均をかけたもの

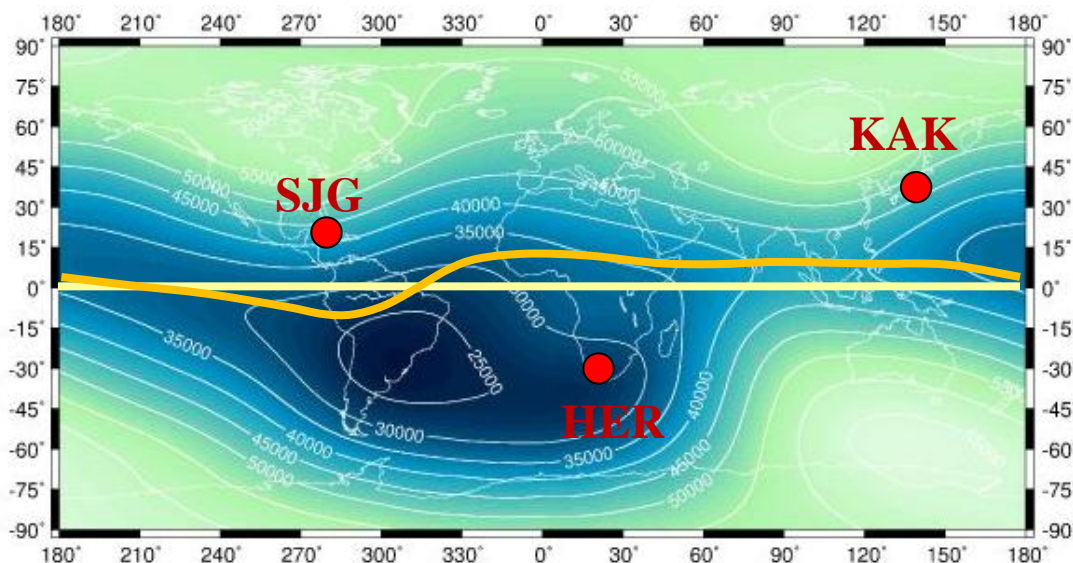
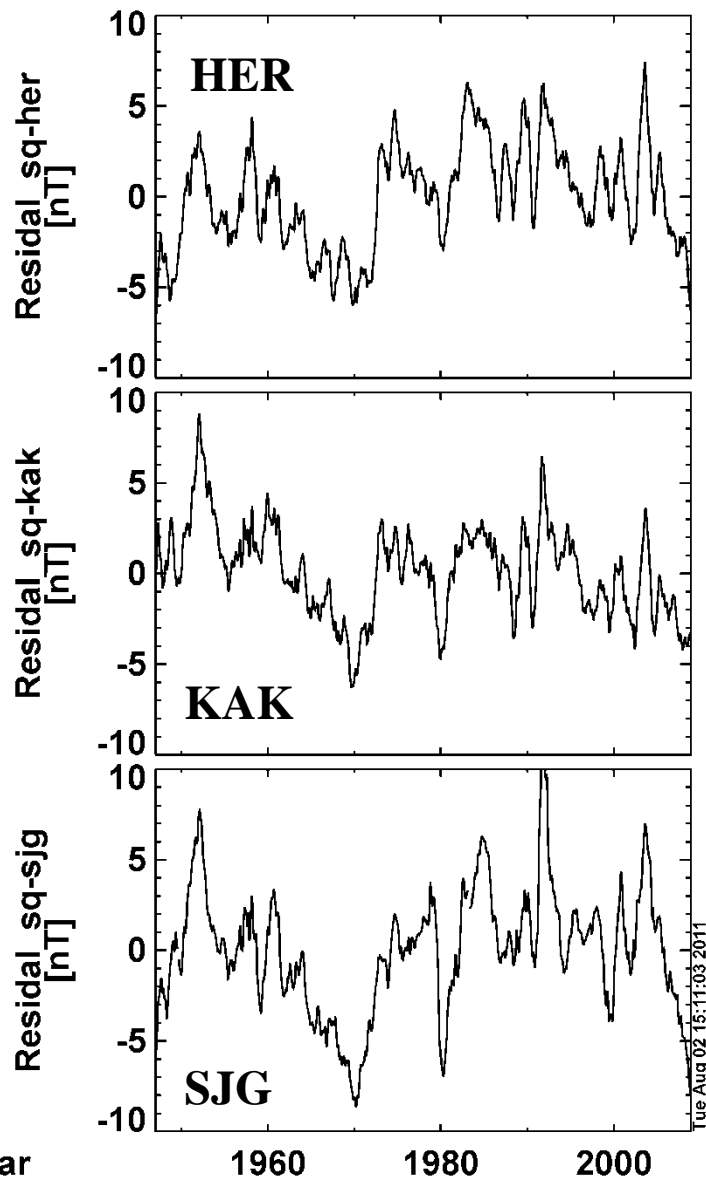
○中段のSq場の振幅に見られる細かい振動は、**半年、1年周期の変動**であり、**地球の超高層大気の季節変動**を示す。

○Sq場の振幅は、1958-1970年と1990-2008年の2期間で**減少傾向**を示し、それ以外のところでは、**増加傾向**を示す。

○1991年においてSq場の振幅が急激に増加する

## 3-3. 解析結果

### 3.3.6 太陽活動成分を差し引いたSq場の長期変動(低緯度)



Station map

○低緯度域のresidual-Sq場の振幅は、各観測点ともに増加する期間と減少する期間がほぼ同期している

○このような増加と減少の傾向は、**極域、中・低緯度及び赤道域にわたる広範な領域で現れていることが予想される**



## 4. まとめ

○1947年から2010年までの長期の期間における太陽F10.7放射フラックスとIUGONETの保有する地磁気、及び熱圏・中間圏風速のデータを用いて、地磁気静穏日変化(Sq)の振幅の太陽活動依存性とその長期トレンドの解析を行った。その結果、以下のような結果が得られた

1. Sq場の振幅は、おおまかに**太陽活動11年周期に同期して変動**し、太陽放射フラックス(F10.7)が最大となる極大期には、Sq場の振幅が増大し、極小期には減少する。
2. F10.7とSq場の振幅との周波数解析、およびそのコヒーレンス解析を行った結果、よく知られた10.5年周期成分以外に、**7.5、5.3、3.3、及び1.8年のところに共通のスペクトルピークが現れた**。それぞれの**コヒーレンスの値は、0.82－0.99の間をとり、両者の相関がかなり高いことが判明した**。
3. 太陽活動成分と差し引いたSq場の振幅の長期変動は、必ずしも増加傾向の経年変動を示すとは限らず、その振幅は、**約40年の周期？で増加・減少**する。



## ○今後の方針:

### 1. 10.5年周期以外の太陽活動の機構の理解

地磁気変動に現れる比較的短い太陽活動の原因を探る

→太陽研究者との議論

(この分野との連携しているIUGONET強み)

### 2. 電離圏電気伝導度モデル値を用いた定量的評価

電離圏電気伝導度モデル値との相関解析を行い、背景磁場の減少・増加に伴うSq場の振幅変動を取り除き、超高層大気の長期変動の寄与を定量的に評価する

### 3. 中間圏・熱圏下部(MLT)の中性風との相関解析

F10.7フラックスとSq場の振幅との周波数・コヒーレンス解析をSq場の振幅とMLT領域の風速との相関解析を行う